

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10135515 A

(43) Date of publication of application: 22.05.98

(51) Int. Cl

H01L 33/00
H01L 21/28

(21) Application number: 08307156

(22) Date of filing: 02.11.96

(71) Applicant:

TOYODA GOSEI CO LTD TOYOTA
CENTRAL RES & DEV LAB INC

(72) Inventor:

SHIBATA NAOKI
KAMIMURA TOSHIYA
ASAI MAKOTO
UMEZAKI JUNICHI
OZAWA TAKAHIRO
MORI TOMOHIKO
OWAKI TAKESHI

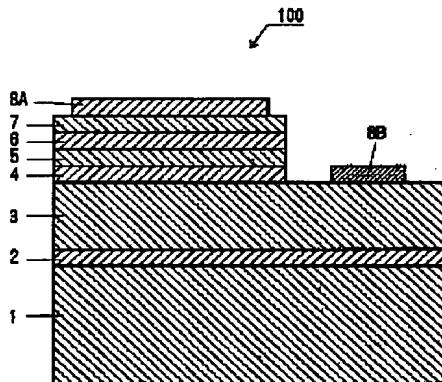
(54) ELECTRODE FORMATION OF GROUP-III NITRIDE improved.
SEMICONDUCTOR

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve bonding strength and ohmic property and reduce contact resistance by forming a nickel(Ni) electrode layer and a gold (Au) electrode layer one by one on a surface of a semiconductor and carrying out heat treatment in the presence of oxygen (O₂).

SOLUTION: Nickel(Ni) is formed to a film in high vacuum on an exposed P⁺-layer 7 by a deposition device and a first metallic layer is formed. Then, an electrode 8A to the p⁺-layer 7 is shaped by removing Ni and Au deposited on a photoresist. Mixture gas of O₂ gas and gas containing one or more kinds of N₂, H₂, He, Ne, Ar, Kr is introduced and subjected to heat treatment. Nickel and gold are laminated and are subjected to heat treatment in oxygen atmosphere in this way, an element distribution in a depth direction from a surface of a p-conductivity type group-III nitride semiconductor is made a distribution then, gold permeates deeper than nickel. As a result, ohmic property is improved and contact resistance of an electrode is reduced. Furthermore, junction degree of an electrode layer is



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-135515

(43)公開日 平成10年(1998)5月22日

(51)Int.Cl.⁶
H 01 L 33/00

識別記号

21/28 3 0 1

F I
H 01 L 33/00

21/28 3 0 1 Z

C
E

審査請求 未請求 請求項の数 8 FD (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平8-307156

(22)出願日 平成8年(1996)11月2日

(71)出願人 000241463
豊田合成株式会社
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地
(71)出願人 000003609
株式会社豊田中央研究所
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1
(72)発明者 柴田 直樹
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内
(74)代理人 弁理士 藤谷 修

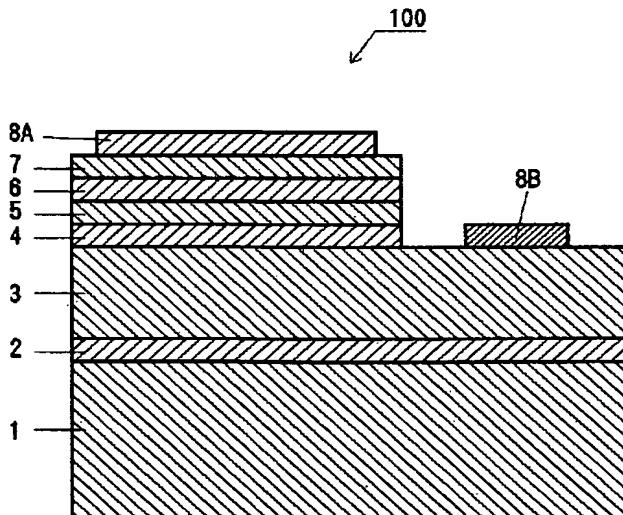
最終頁に統ぐ

(54)【発明の名称】 3族窒化物半導体の電極形成方法

(57)【要約】

【目的】 p伝導形3族窒化物半導体に対する電極において、オーミック性の改善、低抵抗化、接合強度の向上を図る。

【構成】 p⁺層7の表面上に、ニッケル(Ni)層、その上に金(Au)層を形成して、酸素ガスの存在する雰囲気中において熱処理することで、深さ方向の元素の分布を反転させて、表面側からニッケル(Ni)、金(Au)の順に元素が存在するように構成させた。そのことにより、電極はより低抵抗で且つオーミック性が向上し、しかも、接合強度の高いものとなった。



つ、よりオーミック性を改善し、接触抵抗を小さくした電極の形成方法を提供することである。

【0004】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、p伝導型3族窒化物から成る半導体の電極の形成方法において、半導体の表面上にニッケル(Ni)電極層と金(Au)電極層を順次形成し、酸素(O₂)存在下で熱処理を行うことを特徴とするp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項2】前記金(Au)電極層の厚さは100Å以下であることを特徴とする請求項1に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項3】前記ニッケル(Ni)電極層の厚さは200Å以下であることを特徴とする請求項1に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項4】前記金(Au)電極層及び前記ニッケル(Ni)電極層は透光性を有することを特徴とする請求項1に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項5】前記熱処理は、450℃～650℃で行うこととする請求項1に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項6】前記熱処理により、p伝導型3族窒化物半導体に前記金(Au)電極層の構成元素が拡散、浸透することにより、相対的に前記ニッケル(Ni)電極層は前記金(Au)電極層の上に形成されることを特徴とする請求項1に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項7】前記熱処理は、熱処理雰囲気の酸素(O₂)分圧を1Pa(7×10⁻⁷torr)以上の存在下で行うこととする請求項1に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項8】前記酸素(O₂)の前記窒素(N₂)に対する比率を0.01～100%とすることを特徴とする請求項7に記載のp伝導型3族窒化物半導体の電極形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、p伝導型3族窒化物半導体に対する電極の電極形成方法に関する。特に、p伝導型3族窒化物半導体に対する電極の接合強度とオーミック性と接触抵抗を改善したものに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、p伝導型GaN(p-GaN)の電極として、金(Au)をGaN層表面に蒸着したものが知られている。しかし、この金(Au)をGaN層表面に直接蒸着する場合には、接合性が悪く、GaN層に対して合金化処理すると、金電極が剥離するという問題がある。

【発明が解決しようとする課題】そこで、金(Au)とGaN層表面との間にニッケル(Ni)を介在させて、金(Au)のGaN層に対する密着性を向上させることが行われている。しかし、この場合においても、オーミック性が良くなく又電極の接触抵抗も大きいという問題がある。

【0003】従って本発明の目的は、p伝導型3族窒化物半導体に対する電極において、接着強度が良好で、且

10 つ、よりオーミック性を改善し、接触抵抗を小さくした電極の形成方法を提供することである。

【0005】請求項2の発明は、金(Au)電極層の厚さを100Å以下とし、請求項3の発明は、ニッケル(Ni)電極層の厚さを200Å以下としたことを特徴とする。又、請求項4の発明は、金(Au)電極層及び前記ニッケル(Ni)電極層を透光性があるように構成したことである。

【0006】請求項5の発明は、熱処理を、450℃～650℃で行い、請求項6の発明は、熱処理により、p伝導型3族窒化物半導体に前記金(Au)電極層の構成元素が拡散、浸透することにより、相対的にニッケル(Ni)電極層は金(Au)電極層の上に形成されることを特徴とする。さらに、請求項7の発明は、熱処理は、チャンバー内の酸素(O₂)分圧を1Pa以上の状態で行うこととする。

【0007】本発明は、上記のように、酸素雰囲気中で熱処理することで、電極の元素分布が金属層の形成時の分布に対して反転させることを特徴としている。即ち、電極の形成後には、上側に形成した電極層の構成元素金(Au)が、下側に形成した金属層の構成元素ニッケル(Ni)よりも下側、即ち、3族窒化物半導体層の近くにより多く分布し、下側に形成した金属層の構成元素ニッケル(Ni)が上側に形成した電極層の構成元素金(Au)よりも上側、即ち、3族窒化物半導体層の遠くにより多く分布することが特徴である。

【0008】

【作用及び発明の効果】ニッケル、金と積層して酸素雰囲気で熱処理することで、p伝導型3族窒化物半導体の表面から深さ方向における元素分布が、ニッケル(Ni)よりも金(Au)が深く浸透した分布とすることができる。その結果、オーミック性が良好になり、電極の接触抵抗を小さくすることができた。又、ニッケルをp伝導型3族窒化物半導体の表面に最初に形成していることから、電極層の接合度が向上した。

【0009】金電極層の厚さを100Å以下、ニッケル電極層の厚さを200Å以下とすることで、良好な透光性が得られると共に、良好なオーミック性が得られた。金電極層の厚さが100Å以上となると雰囲気中の酸素がニッケル電極層にまで至らないため、酸素元素による金属元素の反転分布が見られないもの、効果がない。又、ニッケル電極層の厚さが200Å以上となると透光性が低下するため望ましくない。又、熱処理を酸素雰囲気で450℃～650℃の範囲で行うと、金をp伝導型3族窒化物半

導体の表面からより深いところまで浸透させることができ、逆にニッケルを表面層により多く分布させることができた。この結果、電極層の接合強度が改善されると共に、オーミック性が改善され、接触抵抗を小さくすることが可能となった。

【0010】又、熱処理は、チャンバー内の酸素(O_2)分圧を1Pa (7×10^{-7} torr)以上の状態で行うこととで、上記した電極特性の改善が見られた。さらに、酸素(O_2)の窒素(N_2)に対する比率は0.01%~100%が望ましい。酸素の比率が0.01%より少なくなると、ニッケル、金の反転分布が生じるために、電極の接触抵抗が大きくなり望ましくない。

【0011】このような電極を有する3族窒化物半導体素子は、印加電圧の低下、信頼性の向上、接触抵抗の低下等、素子特性が優れたものとなる。発光ダイオード、レーザダイオードでは、発光効率が向上する。

【0012】

【実施例】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1はサファイア基板1の上に形成された3族窒化物半導体で形成された発光素子100の模式的な構成断面図である。サファイア基板1の上にAlNバッファ層2が設けられ、その上にSiドープn形GaN層3(n⁺層)が形成されている。このn⁺層3の上に0.5μmのSiドープのn伝導型のAl_{0.1}Ga_{0.9}N層4(n層)が形成され、n層4の上に厚さ0.4μmのAl_{0.05}Ga_{0.95}/In_{0.2}Ga_{0.8}Nから成る多重量子井戸構造の活性層5が形成され、その活性層5の上にマグネシウムドープのp伝導型のAl_{0.1}Ga_{0.9}N層6(p層)が形成されている。そのp層6の上に、高濃度マグネシウムドープのp伝導型のGaN層7(p⁺層)が形成されている。p⁺層7の上には金属蒸着による電極8Aが、n⁺層3の上に電極8Bが形成されている。電極8Aは、p⁺層7に接合するニッケルと、ニッケルに接合する金とで構成されている。電極8Bはアルミニウム又はアルミニウム合金で構成されている。

【0013】次に、この発光素子100の電極8Aの製造方法について説明する。MOCVD法により、バッファ層2からp⁺層7までを形成する。そして、p⁺層7の上にマスクを形成し所定部分のマスクを除去し、マスクで覆われていない部分のp⁺層7、p層6、活性層5、n層4を塩素を含むガスによる反応性イオンエッチングによりエッチングして、n⁺層3の表面を露出させた。その後、マスクをエッチング処理にて除去した。次に、以下の手順で電極8Aを形成した。

【0014】(1) 表面上にフォトレジスト9を一様に塗布して、フォトリソグラフィにより、p⁺層7の上の電極形成部分のフォトレジスト9を除去して、窓部9Aを形成する。

(2) 蒸着装置にて、露出させたp⁺層7の上に、 10^{-6} Torr程度以下の高真空中にてニッケル(Ni)を10~200Å成膜

させて、図2(a)に示すように、第1金属層81を形成する。

(3) 続いて、第1金属層81の上に金(Au)を20~500Å成膜させて、図2(a)に示すように、第2金属層82を形成する。

(4) 次に、試料を蒸着装置から取り出し、リフトオフ法により、フォトレジスト9上に堆積したNiとAuとを除去して、p⁺層7に対する電極8Aを整形する。

(5) 電極8A上的一部分に電極パッドを形成する場合に

10 は、フォトレジストを一様に塗布して、その電極パッドの形成部分のフォトレジストに窓を開ける。次に、金(Au)またはアルミ(Al)またはそれらを含む合金を1.5μm程度、蒸着により成膜させる。(4)の工程と同様に、リフトオフ法により、フォトレジスト上に堆積したAu又はAlとを除去して、電極パッドを整形する。

(6) その後、試料雰囲気を真空ポンプにて排気したあと、所定のガスを導入し、その状態で雰囲気温度を450℃以上650℃以下にして、数秒~数10分程度、加熱させる。但し、この加熱処理は以下の条件で行うことが可能

20 である。雰囲気ガスはO₂ガスと、N₂, H₂, He, Ne, Ar, Krのうちの1種以上を含むガスとの混合ガスが利用可能であり、圧力は1mTorrから大気圧を越える圧力の範囲で任意である。さらに、雰囲気ガスにおけるN₂, H₂, He, O₂, Ne, Ar, 又はKrガスの分圧は0.01~100%であり、この雰囲気ガスで封入した状態又はこの雰囲気ガスを還流させた状態で加熱しても良い。

【0015】ニッケル(Ni)、金(Au)の積層後に上記の加熱処理をした結果、ニッケル(Ni)の第1金属層81の上の第2金属層82の金(Au)が、第1金属層81を通してp⁺層7の中に拡散あるいは接触し、p⁺層7のGaNと合金状態を形成する。図2(b)に熱処理後の様子を模式的に示す(パッド電極は図示されていない)。即ち、熱処理前後において、AuとNiの深さ方向の分布が反転する。

【0016】熱処理が実施された後のp⁺層7の表面付近の元素分布をオージェ電子分光分析(AES)で調べた。その結果を図3に示す。p⁺層7の表面付近(表面から約3nmまで)はニッケルの濃度が金濃度よりも高い。表面から約3nm以上に深いところのp⁺層7では金がニッケルよりも高濃度に分布しているのが分かる。よって、金はニッケルの第1金属層81を通過して、p⁺層7の深層部にまで達して、そこで、合金が形成されているのが分かる。また、この場合には酸素元素もp⁺層7の表面付近にニッケル(Ni)と同様な分布特性で分布しているもの理解される。

【0017】450℃以上650℃以下の所定の温度で熱処理を実施する前に、高真空(1mTorr以下)まで排気せず、数torr~数10torrの空気が残存している状態に排気し、その後大気圧まで窒素(N₂)にて封入し、その後熱処理を加えることにより低抵抗となることが判明した。

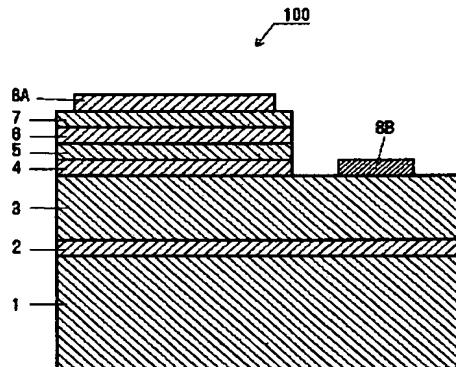
酸素(O_2)と窒素(N_2)の割合は0.01%~100%の範囲が電極の接触抵抗を低下させる観点から望ましい。

【0018】上記のような反転分布が生じる理由として、ニッケルが金よりもイオン化ポテンシャルが低いので、熱処理中に、ニッケルが表面近くに移動し、その反作用として金が3族窒化物半導体と合金化され半導体内に浸透すると考えられる。この結果、オーミック性の良い金と3族窒化物半導体とが合金化される結果、この電極のオーミック性は良好となる。又、ニッケルは、金よりも反応性が高く3族窒化物半導体と強固に接合する結果、この電極の接着強度が向上する。

【0019】以下、発光素子に上記の電極を形成する時の熱処理について、種々の実験を行った。図4は、上記の厚さでニッケル、金を積層して、600°Cで熱処理する時に、窒素に対する酸素の比率を変化させて電極を形成した時の20mAの電流が流れる時の発光素子の駆動電圧 V_f を測定したものである。 O_2/N_2 の比率が0.05~100%の時に、駆動電圧 V_f が3.6V以下となり、酸素が存在しない状態で熱処理して形成した駆動電圧 V_f が4.8Vであるため、明らかに、酸素雰囲気中で熱処理をした方が電極の接触電位差が低下していることが理解される。

【0020】図5は、熱処理温度600°C、 O_2/N_2 比率1%、金層の厚さ60Åの条件で熱処理する時に、ニッケル層の厚さを変化させて電極を形成した時の20mAの電流が流れる時の発光素子の駆動電圧 V_f を測定したものである。ニッケル層の厚さが22Å~66Åの範囲の時に、駆動電圧 V_f は3.52V以下となった。ニッケル層の厚さが18Åより薄くなると、駆動電圧 V_f は3.88V以上となり、ニッケル層の厚さに関して顕著な特性が見られた。

【図1】



【0021】図6は、ニッケル層の厚さ44Å、 O_2/N_2 比率1%、熱処理温度を580°C、600°C、620°Cの場合で、金層の厚さを変化させて電極を形成した時の20mAの電流が流れる時の発光素子の駆動電圧 V_f を測定したものである。金層の厚さが110Åと厚くなると、いずれの熱処理温度であっても、駆動電圧 V_f が高くなっているのが理解される。これは、金層が厚いため、雰囲気中の酸素元素がニッケル層に達しないためと思われる。よって、金層の厚さは100Åより薄いことが望ましい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な実施例にかかる発光素子の構造を示した断面図。

【図2】 p^+ 層の表面層における電極の熱処理前と熱処理後の構造を模式的に示した断面図。

【図3】 p^+ 層の表面層のオージェ電子分光分析の結果を示した測定図。

【図4】 O_2/N_2 比率に対する発光素子の駆動電圧の変化を測定した測定図。

【図5】ニッケル電極層の厚さに対する発光素子の駆動電圧の変化を測定した測定図。

【図6】金電極層の厚さに対する発光素子の駆動電圧の変化を測定した測定図。

【符号の説明】

100…GaN系半導体発光素子

8A, 8B…電極

4…n層

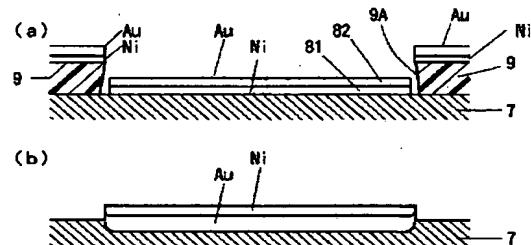
5…活性層

6…p層

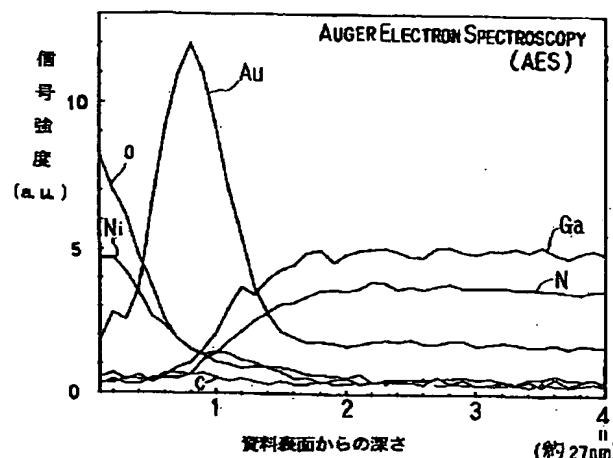
7… p^+ 層

9A…窓部

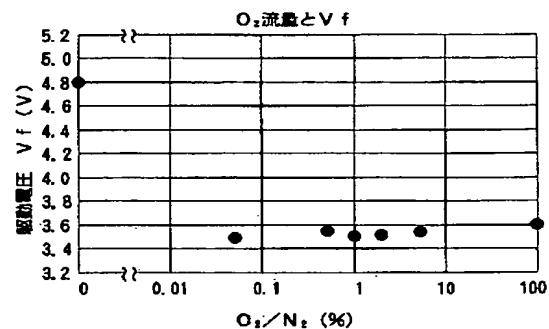
【図2】



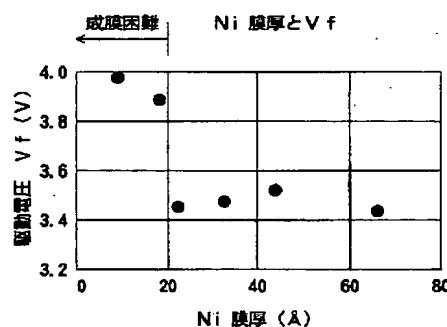
【図3】



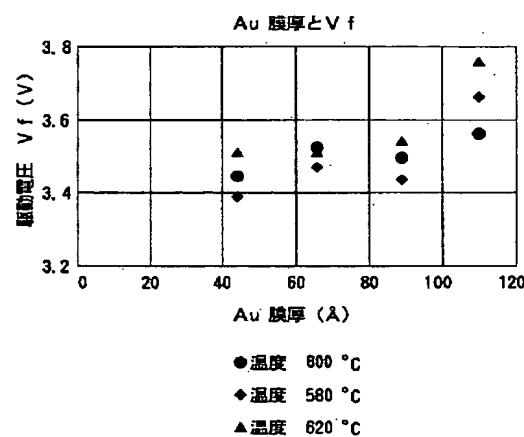
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 上村 俊也

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 浅井 誠

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 梅崎 潤一

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 小澤 隆弘

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 森 朋彦

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 大脇 健史

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内